

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Uso de Inulina de Agave como Prebiótico en la Producción de Pollo Parrillero

Por:

**ABRAHAM DE LA O VILLALOBOS**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL

Uso de Inulina de Agave como Prebiótico en la Producción de Pollo Parrillero

Por:

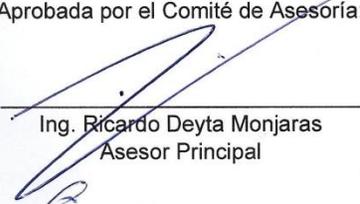
**ABRAHAM DE LA O VILLALOBOS**

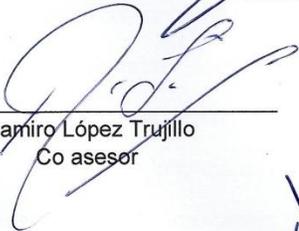
TESIS

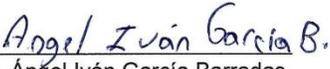
Presentada como requisito parcial para obtener el título de.

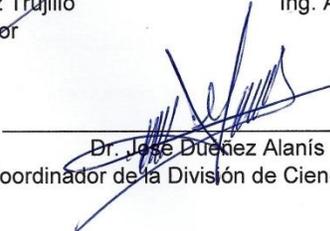
**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Ing. Ricardo Deyta Monjaras  
Asesor Principal

  
Dr. Ramiro López Trujillo  
Co asesor

  
Ing. Ángel Iván García Barradas  
Co asesor

  
Dr. José Dueñez Alanís  
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Saltillo, Coahuila, México

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias al gran apoyo de mis padres amigos compañeros de escuelas y amistades por el apoyo moral físico que me brindaron en estos cinco años de mi vida estudiantil ya que sin ellos no hubiera podido cumplir esta meta tan importante en mi carrera profesional ya que fueron un motor indispensable para nunca darse por vencido y siempre seguir adelante

Fue una gran experiencia en mi vida haber cursado la carrera de ingeniero agrónomo zootecnista en la universidad autónoma agraria Antonio narro ya que me ayudo a madurar como persona y como profesionista al brindarme todas las herramientas necesarias que me ayudaron a desenvolverme tanto en la escuela con amigos y profesores como en las prácticas profesionales donde fue mi primer contacto con el ámbito profesional gracias a la formación escolar que tuve en la escuela me fue más fácil trabajar en la empresa que decidí realizar mis prácticas de igual manera les doy gracias a mi departamento ya que siempre nos brindaron apoyo asesoría nos brindaron practicas talleres de igual forma a los tutores que siempre nos brindaban apoyo y consejos para poder enfrentar cualquier problema que se presentara en los diferentes semestre y que nos compartían sus hábitos de estudio oh la forma de distribuir correctamente las horas de estudios para poder estudiar de una manera más eficiente y poder aprovechar de la mejor manera las horas de estudio

## **DEDICATORIAS**

Doy gracias a mis padres por el apoyo brindado todos estos años a mis asesores por haber sido una gran ayuda en la formación de esta tesis a mis amigos por haberme orientado en la preparación de la tesis a mis maestros por darme toda la asesoría necesaria en mi formación académica a mis compañeros de clases por su amistad brindada en esta etapa escolar a mis hermanos por siempre contar con su apoyo a mis conocidos que siempre me brindaron todo su apoyo.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar el efecto de la suplementación de inulina de agave sobre el crecimiento de pollo parrillero estableciendo un experimento en la caseta avícola del Departamento de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. La nave en donde se llevó a cabo el experimento cuenta con 36 corrales de 1.5 m<sup>2</sup> cada uno.

Se estableció un diseño factorial de tratamientos: etapa por nivel inulina (3x2) en un diseño experimental completamente al azar con seis repeticiones. Las variables evaluadas en este experimento fueron consumo de alimento por día y por etapa, incremento de peso conversión alimenticia y mortalidad. La suplementación de inulina de agave sólo tuvo efectos positivos en la etapa de crecimiento generando un mayor incremento de peso en las aves.

Palabras clave: prebiótico, inulina, pollo parrillero.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
Los prebióticos .....	4
Características de los prebióticos .....	6
Efecto prebiótico .....	7
Los prebióticos en la naturaleza .....	9
<b>Mecanismos de acción de los prebióticos</b> .....	9
Los prebióticos en la alimentación animal .....	9
Efecto de los prebióticos en las aves.....	10
<b>Producción de sustancias antimicrobianas</b> .....	10
<b>Efecto sobre la mucosa intestinal</b> .....	11
<b>Estimulación de la respuesta inmune</b> .....	11
<b>Digestibilidad de nutrientes</b> .....	12
Efectos de los fructanos sobre los parámetros productivos de las aves.....	13
<b>Acción inmunoestimulante de los fructanos</b> .....	14
<b>Efectos a nivel intestinal</b> .....	15
<b>Efectos sistémicos</b> .....	17
<b>Mecanismos implicados en la acción de los fructanos sobre el sistema inmune</b> .....	18
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	19
Localización y descripción del área de investigación .....	19
Metodología.....	19
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	22
Incremento de peso por ave/día.....	22
Incremento de peso por día .....	23
Consumo de alimento .....	24
Conversión alimenticia .....	24

Mortalidad .....	25
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>28</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Comparación de medias para la variable incremento de peso por etapa.....	22
<b>Cuadro 2.</b> Comparación de medias para la variable incremento de peso por día Factor Etapa.....	23
<b>Cuadro 3.</b> Comparación de medias para la variable incremento de peso por día Factor Inulina.....	23
<b>Cuadro 4.</b> Comparación de medias para la variable consumo de alimento.....	24
<b>Cuadro 5.</b> Comparación de medias para la variable consumo de alimento Factor Inulina.....	24
<b>Cuadro 6.</b> Comparación de medias para la variable conversión alimenticia Factor Etapa.....	25
<b>Cuadro 7.</b> Comparación de medias para la variable conversión alimenticia Factor Inulina.....	25



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Localización del experimento.....19

**Figura 2.** Comparación de medias para la variable mortalidad.....21

## I. INTRODUCCIÓN

La prohibición en la Unión Europea de la suplementación de antibióticos promotores del crecimiento (APC) ha supuesto importantes implicaciones económicas en la industria avícola y, especialmente, en la de producción de carne, donde su empleo era más generalizado. Dichas implicaciones son consecuencia de una menor eficiencia alimenticia, motivada principalmente por una mayor dificultad en el control de las enfermedades subclínicas (Ortiz *et al.*, 2011). Por este motivo se han intensificado las investigaciones sobre la utilización de los prebióticos como alternativa a los APC en alimentación aviar. Los prebióticos, y entre ellos los fructanos tipo inulina, pueden tener efectos positivos en las aves, no sólo localmente, a nivel intestinal, sino también a nivel general o sistémico.

Hace apenas 20 años se estableció el concepto de prebióticos y su importancia en la salud humana y animal. En este período se han realizados distintos informes acerca de su utilidad y las vías naturales y tecnológicas para su obtención. Sin embargo, consideramos la necesidad de continuar difundiendo sus beneficios en la alimentación y sobre los avances alcanzados (Castañeda, 2014).

En el contexto de los avances en el conocimiento de la microbiota intestinal y su ecosistema los prebióticos junto a los probióticos participan de forma decisiva en su equilibrio y nutrición. La producción en la industria ha sido vertiginosa y los expertos han comenzado a llamar la atención de sus ventajas en la

alimentación y participación de sus mecanismos en el equilibrio de la población de la micro biota intestinal.

La actividad bifidogénica de los prebióticos fue inicialmente alertada en las investigaciones realizadas por los japoneses hace más de 30 años y en 1995 se postula por Gibson y Roberfroid su concepto como aquellos ingredientes no digeribles que promueven de manera selectiva el crecimiento y/o actividad de un número limitado de especies bacterianas beneficiosas para la salud (Gibson y Roberfroid, 1995). Posteriormente en el 2007 el propio Roberfroid revisó ésta definición y postuló que los prebióticos son aquellos ingredientes que son selectivamente fermentados por la micro flora intestinal y que provocan en ella cambios específicos, tanto en su composición como en su actividad, con efectos beneficiosos para la salud del individuo (Roberfroid, 2007). La actividad metabólica producida por los prebióticos produce modificación de la microbiota del colon por el incremento de la población de las especies sacarolíticas y reducción de las especies patógenas (Castañeda y del Monte, 2014; Gibson y Roberfroid, 1995).

Por ello, el estudio de la influencia de la inulina de agave en el consumo y conversión alimenticia en pollos parrilleros puede aportar información sobre un tema poco investigado.

### **Objetivo general**

Determinar el efecto de la suplementación de inulina de agave sobre el crecimiento y consumo de alimento de pollo parrillero.

### **Objetivos específicos**

Evaluar el efecto de la suplementación de inulina de agave sobre el incremento de peso y consumo de alimento en pollos parrilleros.

Determinar la influencia de la suplementación de inulina de agave sobre el porcentaje de mortalidad en pollos parrilleros.

### **Hipótesis**

Al suplementar inulina de agave dentro de la dieta se obtendrá una mejor ganancia de peso, menor consumo de alimento y una menor mortalidad.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### Los prebióticos

Los ingredientes con propiedades prebióticas se hallan en los polisacáridos y los oligosacáridos que habitualmente forman parte de la dieta humana y animal. En el contexto de los oligosacáridos, son los no digeribles siguientes los más reconocidos: Fructo-oligosacáridos (FOS, oligofructosa e inulina), Galacto-oligosacáridos (GOS), Transgalacto-oligosacáridos (TOS), Lactulosa. Se han reportados otros menos destacados, como: Gluco-oligosacáridos, Malto-oligosacáridos, Xilo-oligosacáridos, Manano-oligosacáridos. En la leche materna se han identificado numerosos constituyentes bioactivos, como los prebióticos. La leche humana contiene desde 7 hasta 12 g / dl de oligosacáridos que es 10 a 100 veces el contenido de otras leches de los mamíferos (Boehm & Stahl, 2007).

Estos azúcares son muy complejos y consisten en galactosa y Nacetilglucosamina en un enlace glicosídico- $\beta$  a la lactosa que están protegidos de la digestión en el tracto intestinal humano. A partir de esta estructura básica, se adjuntan enlaces alfa-glucosídico adicionales de fructosa y / o ácido siálico<sup>15</sup>. Los galacto oligosacáridos (GOS) están presentes en la leche materna. Las moléculas de galactosa están unidas a la glucosa mediante enlaces glucosídicos  $\beta$ 1-4 ( $\beta$ GOS). También se encuentran en legumbres, como la soja ( $\alpha$ GOS), de donde se extraen para comercializarlos (Chirido *et al.*, 2011).

Actualmente se dispone de diferentes tipos de carbohidratos con propiedades prebióticas tales como lactulosa, inulina, galactooligosacáridos e isomaltooligosacáridos, cuya incorporación al alimento proporciona productos estables durante el periodo de vida útil del alimento (Chirido *et al.*, 2011). La lactulosa es un disacárido de síntesis formado por galactosa-fructosa, aceptado universalmente su uso como tratamiento del estreñimiento crónico y de la encefalopatía hepática y reconocido como prebiótico.

Gibson y Roberfroid (1995), en el Reino Unido, en la Universidad de Reading, presidió grupo de expertos para evaluar distintos ingredientes alimentarios candidatos a prebióticos y estableció que los que cumplían de forma estricta las tres condiciones descritas con anterioridad (resistencia, fermentación y selectividad) eran los fructanos (inulina y fructo-oligosacáridos, los galactooligosacáridos (GOS) y la lactulosa. Sin embargo, otros prebióticos han sido evaluados que, a pesar de no cumplir los criterios estrictos, no se puede negar su eficacia. Los prebióticos más usados

comercialmente son los: fructo-oligosacáridos (FOS), manano-oligosacáridos (MOS), galacto-oligosacáridos (GOS), transgalacto-oligosacáridos (TOS), fructanos (inulina) y lactulosa (Bhatia y Roni, 2007).

Las bifidobacterias y lactobacilos secretan  $\beta$ -fructosidasas que hidrolizan los enlaces  $\beta$ -2 de los prebióticos, y participan en el proceso de prestación de los azúcares disponibles para la fermentación bacteriana. La inulina es un producto natural presente en plantas comestibles. Industrialmente se extrae de la raíz de la achicoria. Se trata de un fructano lineal con un grado de polimerización (GP) desde 2 hasta 60. La hidrólisis parcial enzimática (endoinulinasa) de la inulina

original, produce oligofruktosa que tiene un GP desde 2 hasta 8. La oligofruktosa también se puede producir por transfructosilación enzimática en sacarosa (Bhatia & Rani, 2007).

En la naturaleza los FOS los hallamos en la achicoria, cebolla, (levanos e inulina) ajo, alcachofa, yacón, puerro, espárragos (Castañeda, 2012).

Los manano-oligosacáridos (MOS) modulan la respuesta inmunitaria, actuando sobre uno o más de los componentes implicados en la respuesta mediada por citoquinas. Los transgalactooligosacáridos (TOS/GOS) están formados por galactanos de cadena corta linear con uniones osídicas que son producidas por transgalactosilación en lactosa. Han resultado patentes de la industria farmacéutica, algunos están autorizados para incorporarlos a fórmulas infantiles.

### **Características de los prebióticos**

Las propiedades de un ingrediente para que pueda ser evaluado como prebiótico son:

- Resistente para ser hidrolizado y absorbido en su tránsito intestinal por la porción superior del tracto digestivo
- Ser fermentables por la microbiota intestinal
- Capacidad de estimular selectivamente el crecimiento y/o actividad de aquellas bacterias intestinales que contribuyen a la salud del huésped

Los prebióticos al igual que los probióticos y los simbióticos participan en la modulación de la microbiota intestinal por sus principales mecanismos de prevención en la colonización por microorganismos patógenos, las actividades

inmuno-moduladora, antimicrobianas y enzimáticas. El conocimiento de dichos efectos al actuar en el refuerzo de la homeostasis intestinal permite el equilibrio y la regulación de las comunidades de la microbiota comensal (Román y Álvarez, 2013).

Es importante definir y diferenciar los términos de probióticos, prebióticos y simbióticos, pues las características y efectos de los probióticos son distintos al prebiótico, y los simbióticos son la mezcla de ambos. Los mecanismos por los que actúan los alimentos prebióticos y probióticos al ejercer efectos beneficiosos mediante su consumo es hoy día recomendado y avalado por numerosas publicaciones en revistas de reconocido nivel científico (Icaza-Chávez, 2013; Roberfroid, 2007).

### **Efecto prebiótico**

El efecto prebiótico de un ingrediente natural o alimento producido por métodos tecnológicos es la capacidad de no ser hidrolizado ni absorbido en el tracto gastrointestinal superior, lo que determina la aptitud para modificar la composición de la microbiota del colon, tras ser selectivamente fermentado por una o varias bacterias al contribuir con beneficiosos efectos para la salud, tales como prevención de la diarrea, la constipación y del cáncer, sobre el metabolismo de los lípidos al producir descenso de niveles de colesterol y triglicéridos, en la estimulación de la absorción de minerales y activación del sistema inmunológico (Castañeda, 2012, Topping & Clifton, 2001).

Estas propiedades son indirectas, al ser mediadas por la microbiota intestinal. Estos argumentos resultan de interés a la luz de los conocimientos más

recientes en la reducción del riesgo en enfermedades como el cáncer de colon, obesidad, diabetes tipo 2 y osteoporosis (Bhatia & Rani, 2007).

La fermentación selectiva es uno de los requerimientos para demostrar la efectividad de un prebiótico, variando dicho perfil en función del sustrato. Los prebióticos como estimulantes del crecimiento bacteriano incrementan la fermentación y producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Estos ácidos son también denominados ácidos grasos volátiles y son el ácido acético, el ácido propiónico y el ácido butírico, los cuales disminuyen el pH luminal y son fácilmente absorbidos a través de la pared del intestino. El butirato es considerado la principal fuente de energía para la mucosa del colon, induciendo a nivel de la mucosa colorrectal e ileal, una mayor proliferación celular en las criptas de Lieberkühn. Además, está demostrado su potente poder estimulador de la división celular en relación a la estructura mucosal.

El rasgo principal de los prebióticos es modular o modificar la microbiota intestinal tras ser fermentados por bacterias del colon y desencadenar la liberación de los referidos AGCC. Éstos tienen numerosos efectos fisiológicos para el hospedero, por su sustrato energético a nivel del colon para los colonocitos producido por el ácido butírico y en el organismo por el ácido propiónico y ácido acético con una participación en particular, como se mencionó con anterioridad, pues además del metabolismo del colon actúan en la regulación hepática de los lípidos y azúcares, y en el aporte de energía a las células. Otros efectos beneficiosos incluyen hidrólisis de los lípidos y producción de péptidos y aminoácidos, además de vitaminas. Entre los prebióticos más butirogénicos se destacan los FOS y algunos almidones resistentes (Cummings

& Macfarlane, 2002). Los prebióticos pueden ser usados como medicamentos o alimentos. Cuando son usados con alimentos resultan ingredientes valiosos, son los denominados alimentos funcionales.

### **Los prebióticos en la naturaleza**

Los prebióticos se pueden obtener en fuentes naturales como materia prima para la obtención de oligosacáridos no digeribles procedentes de diferentes alimentos.

Algunas fuentes de prebióticos son los brotes de bambú, agave; hierbas, como el vetiver, la madera blanda y dura y la paja de cereales como el arroz, trigo, cebada y centeno (Castañeda y del Monte, 2014, Lina *et al.*, 2002).

### **Mecanismos de acción de los prebióticos**

Estos mecanismos son tres: producción de sustancias antimicrobianas, efecto sobre la mucosa intestinal y estimulación de la respuesta inmune (Topping y Clifton, 2001).

### **Los prebióticos en la alimentación animal**

Determinados componentes de los alimentos de las aves, participan en su crecimiento y salud en general, como acontece en los pollos, con la administración de los polisacáridos no digestibles. Éstos participan e influyen en la microbiota intestinal y del tracto intestinal en general cuando los pollos son jóvenes y la microbiota se halla aún en proceso de desarrollo, por su gran capacidad para retención de agua, lo cual aumenta la viscosidad del quimo y, por consiguiente, el tiempo de permanencia del alimento en el intestino lo que

mejora la absorción, con el consiguiente aumento de su peso (Sánchez *et al.*, 1998; Chaikumpollert *et al.*, 2004).

En el cerdo la alternativa de administrar prebióticos y probióticos en la alimentación ha resultado muy beneficiosa a expensas de sus mecanismos específicos de acción, lo que ha sido avalado por distintos estudios al evidenciar el control de enterobacterias patógenas, ante las disposiciones establecidas de retiro de la administración de antibióticos junto a la promoción del crecimiento y aumento de peso (Xu *et al.*, 2003).

### **Efecto de los prebióticos en las aves**

#### **Producción de sustancias antimicrobianas**

Los oligosacáridos, indigestibles para el animal, son fermentados por la flora intestinal y convertidos en ácidos grasos volátiles (acético, propiónico y butírico principalmente), ácido láctico, y gases (dióxido de carbono, metano e hidrógeno). Así, la mejora de la flora intestinal se debe tanto al incremento de las especies beneficiosas como a la producción de sustancias antimicrobianas y la acidificación del medio intestinal, con lo que se consigue una reducción directa del crecimiento de ciertos patógenos (Santin *et al.*, 2001 en Tomas De Paz, 2013).

La utilización de prebióticos por las bacterias colónicas conlleva, en numerosos casos, a la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC). Estos ácidos poseen un gran impacto sobre el ambiente del intestino grueso, el metabolismo de macronutrientes y la prevención de enfermedades. Los AGCC se absorben rápidamente y pueden utilizarse como fuente de energía entre comidas.

Contribuyen al pH de las heces e influyen de manera importante en la función colónica, de forma que pueden incluso disminuir el riesgo de cáncer (Hernández y Carranza *et al.*, 2010).

### **Efecto sobre la mucosa intestinal**

Los enterocitos tienen un ciclo continuo de proliferación a partir de la maduración y migración de las células de la cripta intestinal. La ingestión de toxinas o la producción de amonio por la flora intestinal aceleran su descamación, lo que requiere un gasto extra de energía y de proteínas para el crecimiento y desarrollo de este tejido; se le ha atribuido al MOS la mejora en el crecimiento y el aumento en la altura de las vellosidades intestinales, que permite una mejor digestión y absorción de nutrientes; ello podría ser consecuencia de una mayor eficacia de la respuesta inmunitaria intestinal (Santin *et al.*, 2001 citado por Tomás De Paz, 2013).

### **Estimulación de la respuesta inmune**

Los manano-oligosacáridos modulan la respuesta inmunitaria, actuando sobre uno o más de los componentes implicados en la respuesta inmunitaria mediada por citoquinas. En avicultura la información es escasa y aún se necesitan estudios in vivo para poder llegar a conclusiones firmes en este aspecto (Tomás De Paz, 2013).

La mayoría de las experiencias prácticas con oligosacáridos en alimentación avícola se han llevado a cabo para prevenir infecciones por Salmonella, efecto que en el caso de los FOS precisa de dosis superiores al 0,37% (Iji y Tivey, 1998 citado por Tomás De Paz, 2013).

La adición de FOS o MOS en el alimento (Fukata *et al.*, 1999 citado por Tomás De Paz, 2013) o en el agua de bebida (Oyofó *et al.*, 1989 citado por Tomás De Paz, 2013) reduce la colonización por *Salmonella*. No todas las especies de esta bacteria responden de igual forma; algunas, como *S. infantis*, no poseen fimbrias sensibles a la manosa y son capaces de unirse a la mucosa intestinal; por ello la suplementación con manosa no reduce la colonización por *S. infantis* en pollos (Allen *et al.*, 1997 citado por Tomás De Paz, 2013).

La combinación de un oligosacárido y un probiótico apropiado (productos simbióticos) puede lograr aumentar la eficacia de ambos productos por separado. Sin embargo, una vez más dicho efecto depende de la microbiota presente en la situación inicial, dosis, vía y duración de la administración, el cual puede ser perjudicado por muchas situaciones prácticas como estrés, cambios de pienso y tratamientos antibióticos. Además, un exceso de oligosacáridos puede causar una proliferación microbiana excesiva que desencadene problemas diarreicos (Bailey *et al.*, 1991 citado por Tomás De Paz, 2013).

### **Digestibilidad de nutrientes**

En las aves, los efectos nutritivos de la inclusión de prebióticos en el pienso han sido menos investigados que los relativos a la microbiota intestinal y al control de ciertas patologías gastrointestinales y, por consiguiente, la información disponible es bastante más escasa. A esto se une, además, que los resultados obtenidos difieren según que el aditivo utilizado sea un fructano de cadena corta, como los FOS, o de cadena más larga, como la inulina o, incluso, que se trate de otro tipo de prebiótico (Niness *et al.*, 1999 en Tomás De Paz, 2013).

## **Efectos de los fructanos sobre los parámetros productivos de las aves**

Mejorar la eficiencia productiva es un objetivo de los programas de alimentación animal que, en el caso de los pollos de carne, viene determinado por un mayor aumento del peso vivo de los animales, una reducción del índice de transformación del pienso y/o una disminución de la edad a la cual se alcanza el peso comercial deseable. Un crecimiento rápido no sólo ahorra trabajo y alimento, sino que permite aumentar la producción anual y, por consiguiente, minimizar los costes fijos de producción (Austic y Nesheim, 1990).

Los datos publicados sobre la respuesta productiva de los pollos de carne a la inclusión de fructanos en la ración son escasos y contradictorios. Así, Ammerman *et al.* (1989) encontraron que el aumento de peso vivo de los pollos incrementaba con la inclusión de FOS en la ración a una concentración de 3,75 g/kg. Yusrizal y Chen (2003) observaron que la inulina o los fructooligosacáridos, incorporados a una concentración de 10 g/kg, mejoraban los aumentos de peso vivo y el índice de transformación en las hembras, pero no en los machos. Xu *et al.* (2003) también observaron mejoras en los aumentos de peso vivo cuando se añadían FOS a la dieta control (4 g/kg). En contraste, Waldroup *et al.* (1993) y Williams *et al.* (2008), empleando FOS a niveles de 3,7 y 0,6 g/kg, respectivamente; Biggs *et al.* (2007), suplementando con inulina o FOS a concentraciones de 4 y 8 g/kg; y Rehman *et al.* (2007, 2008) incluyendo 10 g/kg de inulina, no observaron ningún efecto positivo sobre el rendimiento productivo de los pollos.

En diferentes ensayos realizados recientemente por nuestro equipo de investigación (Ortiz *et al.*, 2009; Rebolé *et al.*, 2010; Velasco *et al.*, 2010), en los que se incluía inulina a niveles crecientes de 5 a 20 g/kg en las raciones de pollos broiler de 1 a 35 días de edad, se obtuvieron resultados variables en función de las distintas condiciones experimentales de los ensayos.

### **Acción inmunoestimulante de los fructanos**

El sistema inmune de las aves es un sistema complejo, compuesto por diversos tipos de células y sustancias solubles que funcionan conjunta y coordinadamente para lograr una respuesta inmune protectora. Las estructuras principales del sistema inmune de las aves son los órganos linfáticos, que se dividen en primarios y secundarios. Los órganos linfáticos primarios son la bolsa de Fabricio y el timo, que es donde se forman y diferencian los linfocitos B y los linfocitos T, respectivamente. Los órganos linfáticos secundarios se caracterizan por contener agregados de linfocitos y células presentadoras de antígeno, y están distribuidos por todo el cuerpo, siendo los más importantes el bazo, la médula ósea, la glándula de Harder, el tejido linfático asociado a los bronquios y el asociado al intestino, GALT (gut associated lymphoid tissue) (Sharma, 2003). En los pollos, este último incluye las tonsilas cecales, las placas de Peyer y los agregados linfáticos del urodeum y proctodeum (Befus *et al.*, 1980).

El tejido linfático intestinal actúa en primera línea en la defensa de la superficie intestinal (Yegani & Korver, 2008); de él forman parte las denominadas células M, células presentadoras de antígeno que se encuentran distribuidas entre los enterocitos. Dichas células transportan el antígeno desde la luz intestinal hasta

las placas de Peyer, donde lo procesan y presentan a los linfocitos, los cuales se activan. A continuación, los linfocitos se desplazan por la linfa hasta los nódulos mesentéricos y, a través del conducto torácico y vía sanguínea, vuelven a la lámina propia del intestino (Lomax y Calder, 2009). De este modo, los linfocitos

activados por un antígeno específico se distribuyen por todo el intestino.

Existe suficiente evidencia científica de que el sistema inmune es capaz de responder a numerosos factores, entre ellos algunos relacionados con la alimentación. En este sentido, se han realizado investigaciones encaminadas a determinar los efectos de los fructanos sobre el sistema inmune no sólo en animales de laboratorio, sino en animales de compañía (perro) y animales productivos (cerdo). En las aves, sin embargo, se han realizado muy pocos estudios, si bien recientemente se han publicado algunos resultados referentes a quitooligosacáridos, mananoligosacáridos y fructooligosacáridos (RuiLin *et al.*, 2007; Janardhana *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009. respectivamente). A continuación, se resumen los principales efectos observados, tanto sobre el sistema inmune innato, como sobre el sistema inmune adaptativo.

### **Efectos a nivel intestinal**

Sobre el sistema inmune innato. Los escasos estudios disponibles hasta la fecha indican que el sistema inmune innato del intestino puede mejorar con el consumo de fructanos y, como consecuencia, la respuesta primaria del hospedador a la infección se vería beneficiada.

En dichos estudios, realizados en animales de laboratorio y perros (Field *et al*, 1999; Kelly-Quagliana *et al*, 2003; Trushina *et al*, 2005), se observó un aumento del número y la actividad de los macrófagos, así como un incremento de la expresión de las moléculas del complejo mayor de histocompatibilidad (MHCII) en las células presentadoras de antígeno. Sin embargo, no se observó incremento de la actividad de las células asesinas naturales (NK) ni en los nódulos mesentéricos, ni en las placas de Peyer.

Sobre el sistema inmune adaptativo. Algunos estudios realizados mayoritariamente en ratones han mostrado un incremento del número de células B en las placas de Peyer, así como de las concentraciones de IgA en el intestino y las heces, como consecuencia de la suplementación de la dieta con fructanos (Manhart *et al*, 2003; Hosono *et al.*, 2003; Nakamura *et al*, 2004). Dichos hallazgos podrían indicar una mejora de la salud intestinal a consecuencia del consumo de fructanos, ya que los anticuerpos IgA presentes en la mucosa intestinal impiden a los patógenos adherirse a la mucosa. Sin embargo, en otros estudios, particularmente en los realizados en perros, no se han obtenido resultados positivos. La falta de concordancia entre dichas investigaciones podría deberse a que la estimulación del sistema inmune sería mayor en aquellas zonas del intestino donde la población de las bacterias beneficiosas habría aumentado como resultado de la adición de fructanos.

En cuanto a los efectos de los fructanos sobre el número y respuesta de las células T sobre algunas citoquinas (interleuquinas IL-5, IL-6 e IL-10 e interferón- $\gamma$ ) a nivel intestinal, los resultados obtenidos hasta la fecha, si bien no siempre concordantes, sugieren un efecto positivo.

## **Efectos sistémicos**

Inmunidad innata sistémica. El efecto de los fructanos ha sido más estudiado a nivel sistémico que a nivel intestinal (GALT), habiéndose realizado estudios en animales de laboratorio y perros (Kelly-Quagliana *et al*, 2003; Grieshop *et al*, 2004; Trushina *et al*, 2005).

En síntesis, los fructanos parecen tener poco efecto sobre la función fagocítica, mientras que la función de las células NK, al menos en el bazo, se ve mejorada. Al igual que ocurre a nivel intestinal, se ha observado en bazo y timo un incremento de la expresión de las moléculas del MHCII en las células presentadoras de antígeno por acción de los fructanos. Inmunidad adaptativa sistémica. A diferencia de lo observado localmente en el intestino, los fructanos parecen tener leve efecto sobre la inmunidad humoral sistémica, ya que en la mayoría de las investigaciones llevadas a cabo no se han detectado incrementos en las concentraciones de las inmunoglobulinas del suero (Hosono *et al*, 2003; Grieshop *et al*, 2004). En relación con las subpoblaciones de las células T (CD4+, CD8+, B220+ , CD11b+ , CD11c+) en sangre, bazo y timo, se han obtenido resultados contradictorios, pues si bien en unos casos los fructanos alteraron dichas subpoblaciones, en otros no produjeron cambios. Al igual que ocurre a nivel intestinal, se han descrito modificaciones en la producción de citoquinas por las células T a nivel sistémico (Grieshop *et al*, 2004; Trushina *et al*, 2005).

## **Mecanismos implicados en la acción de los fructanos sobre el sistema inmune**

Se han postulado diversos mecanismos, directos o indirectos, para explicar los efectos de los fructanos sobre el sistema inmune. En cuanto a los directos, se especula que los fructanos podrían interaccionar, a través de receptores de carbohidratos, con las células inmunes. Los mecanismos indirectos se basan en la capacidad de dichos prebióticos para modular favorablemente la microbiota intestinal e incrementar las concentraciones de los AGCC, los cuales se unirían a los receptores de las células inmunes de los tejidos linfoides del intestino.

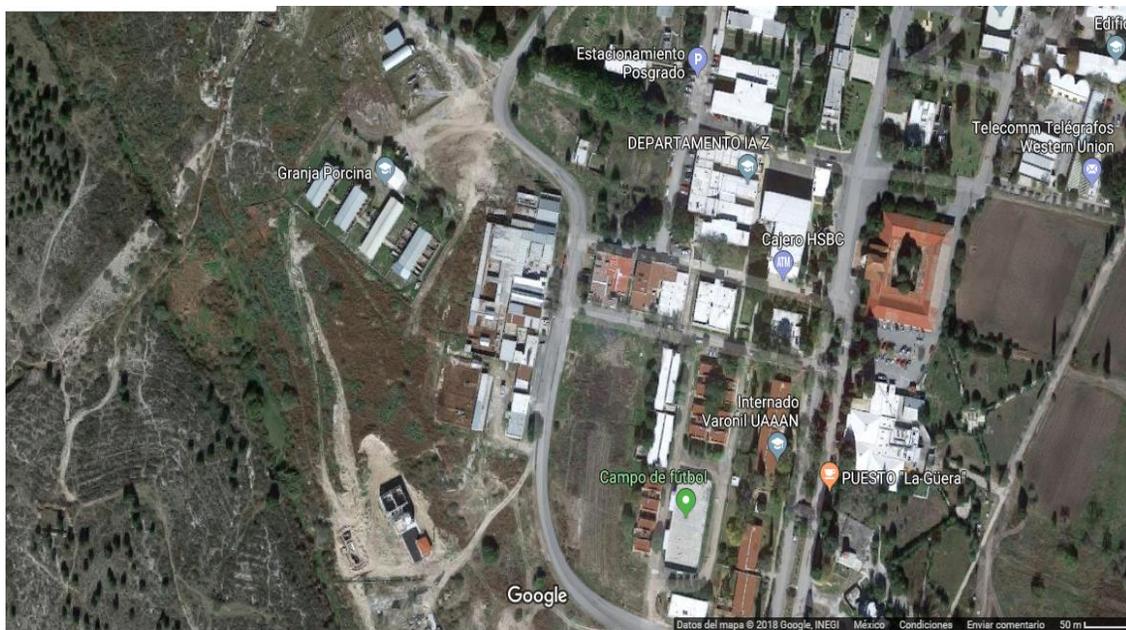
También se ha observado que el butirato puede alterar la expresión génica de las células epiteliales y, a su vez, modificar la señal que dichas células envían a las células del sistema inmune. (Lomax y Calder, 2009).

Los resultados obtenidos hasta la fecha sugieren que existe una clara correlación entre el consumo de fructanos tipo inulina y el incremento de diversos marcadores de la función inmune, tanto a nivel local intestinal (GALT), como a nivel sistémico. Sin embargo, con la información de que se dispone actualmente no se pueden extraer conclusiones definitivas y, particularmente en el caso de las aves, es un campo en el que son necesarias más investigaciones.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Localización y descripción del área de investigación

El presente estudio se realizó en la caseta avícola del Departamento de Producción Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, con coordenadas geográficas de 25° 21' 00" latitud Norte y 101° 02' 00" longitud Oeste y a una altura de 1776 msnm., con una precipitación media de 400mm y una temperatura media anual de 12-18 °C.



**Figura 1.** Localización del experimento.

La duración del trabajo contemplo –días; comprendió de – de Junio al – de Julio de 2017.

#### Metodología

Para esta investigación se utilizaron pollos de engorda de la línea comercial Ross. La nave en donde se llevó a cabo el experimento cuenta con 4 corrales de 1.5 m<sup>2</sup> cada uno. Antes de la llegada de los pollos se realizó la desinfección

de la nave, para ello se utilizó agua, jabón e hipoclorito de sodio, posteriormente se realizó el encalado de techos y paredes para evitar agentes contaminantes. Se lavaron y desinfectaron los comederos y bebederos se acondiciono una cama de viruta a los corrales para mantener siempre seco los corrales y una mejor comodidad de las aves.

Se utilizaron focos de 100 watts para proporcionar calor y mantener una temperatura adecuada para los pollos, estos se manipulaban para mantener el control de la temperatura. Al recibirlos se les dio agua con electrolitos para reducir el estrés del viaje En los primeros 4 días de establecido el experimento se utilizó una criadora para mantener la temperatura adecuada de 30.5° C se monitoreaba los pollitos cada 10 a 15 minutos para checar la distribución de ellos en el corral que fuera la adecuada en los materiales utilizados se utilizaron tolvas con una capacidad de 5 kg por corral y un bebedero por corral con una capacidad de 3 litros se utilizó una báscula digital de 5 kg para pesar las aves y el alimento ya que el alimento siempre se raciono por consumo del ave para la alimentación de las aves se utilizó alimento comercial en la etapa de pre-iniciador se utilizó en la etapa de iniciación se utilizó en la etapa de crecimiento se utilizó en la etapa de finalización se agregó inulina de agave azul como factor prebiótico disuelta en el agua con una porción de 9 gramos por bebedero. Teniendo 6 tratamientos (factorial 3 etapas x 2 niveles de inulina disuelta en agua) con 6 repeticiones, en un diseño completamente al azar. En el análisis estadístico se utilizó el programa SAS 9.0.

## Información nutrimental de la inulina:



Las variables evaluadas en este experimento fueron consumo de alimento por día y por etapa incremento de peso conversión alimenticia y mortalidad. Los cambios por etapa en el alimento se dieron en los siguientes días, del día 1 al día 7 se utilizó pre iniciador, del día 8 al día 19 alimento de iniciación, del día 20 al 28 alimento de crecimiento y del día 29 al 35 alimento de finalización.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Incremento de peso por ave/día

La variable incremento de peso por ave/día obtuvo diferencias significativas entre tratamientos para la etapa de crecimiento, siendo el tratamiento 1 (Inulina) el que arrojó mejores resultados con 720.13 g superando en 14.25% al tratamiento 2 (Sin Inulina). Resultados similares fueron reportados por Yusrizal y Chen (2003) observaron que la inulina o los fructooligosacáridos, incorporados a una concentración de 10 g/kg, mejoraban los aumentos de peso vivo en aves. Xu *et al.* (2003) también observaron mejoras en los aumentos de peso vivo cuando se añadían fructooligosacáridos a la dieta. Para la etapa iniciadora y finalizadora no hubo diferencia entre tratamientos.

**Cuadro 1.** Comparación de medias para la variable incremento de peso por etapa.

Tratamiento	Etapa	Incremento peso por ave/día (g) Least Square Means
Con Inulina	Iniciadora	31.17 a
Sin Inulina		31.67 a
Con Inulina	Crecimiento	59.67 b
Sin Inulina		53.67 c
Con Inulina	Finalizadora	75.50 a
Sin Inulina		75.83 d
Significancia		*

\*=significativo al 0.05, ns= no significativo, medias seguidas de la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales LSD=( $p \leq 0.05$ )

### Incremento de peso por día

En cuanto al incremento de peso por día también se presentó diferencia significativa entre tratamientos para la etapa de crecimiento, siendo el tratamiento 1 (Inulina) el que arrojó mejores resultados con 60.01 g superando en 14.24% al tratamiento 2 (Sin Inulina). Esto coincide con Ammerman *et al.* (1989); quienes encontraron que el aumento de peso vivo de los pollos incrementaba con la inclusión de FOS en la ración a una concentración de 3,75 g/kg., de igual manera, Yusrizal y Chen (2003), Xu *et al.* (2003) y Ortiz *et al.*, 2011 reportaron incrementos en peso al incorporar inulina en la dieta. Para la etapa iniciadora y finalizadora no hubo diferencia entre tratamientos.

**Cuadro 2.** Comparación de medias para la variable incremento de peso por día  
Factor Etapa.

Etapa	Incremento peso por día (g)
Iniciadora	84.75 c
Crecimiento	108.08 b
Finalizadora	136.41 a
Significancia	*

\*=significativo al 0.05, ns= no significativo, medias seguidas de la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales LSD=( $p \leq 0.05$ )

**Cuadro 3.** Comparación de medias para la variable incremento de peso por día  
Factor Inulina.

Tratamiento	Incremento peso por día (g)
Sin Inulina	113.34 a
Con Inulina	106.16 a
Significancia	*

\*=significativo al 0.05, ns= no significativo, medias seguidas de la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales LSD=( $p \leq 0.05$ )

## Consumo de alimento

Respecto al consumo de alimento no se encontró diferencia significativa entre tratamientos para ninguna de las etapas (si hay efecto de etapa). Volek *et al.* (2007), reportaron que no se afectó la ingesta de alimento al emplear 4% de inulina. Caso contrario Alvarado-Loza *et al.* (2017) mencionan que se disminuyó la ingesta de alimento en conejos en respuesta a la adición del fructooligosacarido obtenido del agave y Bónai *et al.*, (2010) mencionan que al adicionar inulina también redujeron el consumo de alimento en conejos.

**Cuadro 4.** Comparación de medias para la variable consumo de alimento.

Etapas	Consumo de alimento/ave (g)
Iniciadora	84.75 c
Crecimiento	108.08 b
Finalizadora	136.41 c
Significancia	*

\*=significativo al 0.05, ns= no significativo, medias seguidas de la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales LSD ( $p \leq 0.05$ )

**Cuadro 5.** Comparación de medias para la variable consumo de alimento

Factor Inulina.

Tratamiento	Consumo de alimento/ave (g)
Sin Inulina	113.34 a
Con Inulina	106.16 b
Significancia	NS

\*=significativo al 0.05, ns= no significativo, medias seguidas de la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales LSD ( $p \leq 0.05$ )

## Conversión alimenticia

Para la variable conversión alimenticia tampoco se encontró diferencia (si hay diferencias) entre tratamientos para ninguna de las etapas. Ortiz *et al.* (2011) reportaron que se registraron diferencias significativas en las observaciones

realizadas al adicionar inulina de agave.

**Cuadro 6.** Comparación de medias para la variable conversión alimenticia  
Factor Etapa.

Etapa	Incremento peso por día (g)
Iniciadora	2.70 a
Crecimiento	1.92 b
Finalizadora	1.80 b
Significancia	*

\*=significativo al 0.05, ns= no significativo, medias seguidas de la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales LSD=( $p \leq 0.05$ )

**Cuadro 7.** Comparación de medias para la variable conversión alimenticia  
Factor Inulina.

Tratamiento	Conversión alimenticia
Sin Inulina	2.23 a
Con Inulina	2.06 b
Significancia	*

\*=significativo al 0.05, ns= no significativo, medias seguidas de la misma letra en las columnas son estadísticamente iguales LSD=( $p \leq 0.05$ )

## Mortalidad

Respecto a la mortalidad no se encontró diferencia significativa. Esto coincide con lo reportado por Iser *et al.*, (2016) quienes mencionan que la suplementación dietética de inulina de agave en forma de harina no influenció el porcentaje de mortalidad en conejos.



**Figura 2.** Comparación de medias para la variable mortalidad.

## **V. CONCLUSIONES**

La suplementación de inulina de agave tuvo efectos positivos generando un mayor incremento de peso en pollos parrilleros en la etapa de crecimiento.

La suplementación de inulina de agave no tuvo efectos positivos en cuanto al consumo de alimento en pollos parrilleros en la etapa de crecimiento.

La suplementación con inulina de agave no mostro cambios en la variable mortalidad.

## VI. LITERATURA CITADA

- Alvarado-Loza, Erika; Orozco-Hernández, Rogelio; Paredes-Ibarra, Francisco y Fuentes-Hernández, Víctor. 2017. "El 2% de Inulina de Agave En El Alimento Del Conejo Afecta Positivamente La Digestibilidad y Microbiota Intestinal." *Abanico Veterinario* 7(3): 55–62.
- Ammerman, E, Quarles, C y Twining, PV. 1989. Evaluation of fructooligosaccharides on performance and carcass yield of male broilers. *Poult. Sci.* 68 (Suppl. 1): 167 (Abstr.).
- Austic, RE y Nesheim, MC. 1990. *Poultry Production*. 13th ed. Lea & Febiger 200 Chesterfield Parkway, Malvern, P.A. Chesterfield Parkway, Malvern, PA.
- Befus, AD, Johnston, N, Leslie, GA y Bienenstock, J. 1980. Gut-associated lymphoid tissue in chicken. I. Morphology, ontogeny and some functional characteristics of Peyer's patches. *J. Immunol.* 125: 2626-2632.
- Bhatia A. y Rani U. 2007. Prebióticos y Salud: Implicaciones clínicas. *Revista de Investigación Clínica y Diagnóstico*.1:546, 554. Disponible en:[http://www.jcdr.net/back\\_issues.asp?issn=0973709x&year=2007&month=December&volume=1&issue=6&page=546554&id=12](http://www.jcdr.net/back_issues.asp?issn=0973709x&year=2007&month=December&volume=1&issue=6&page=546554&id=12)
- Biggs, P, Parsons, CM y Fahey, GC. 2007. The effects of several oligosaccharides on growth performance, nutrient digestibilities, and cecal microbial populations in young chicks. *Poult. Sci.* 86: 2327-2336.
- Bónai A, Szendrő Z, Matics Z, Fébel H, Kametler L, Tornyos G, Horn P, Kovács F, Kovács M. 2010. Effect of inulin supplementation and age on growth performance and digestive physiological parameters in weaned rabbits.

- World Rabbit Science. 18:121-129.
- Boehm G, Stahl B. 2007. Oligosaccharides from milk. *The Journal of Nutrition*.137: 847S-849S.
- Castañeda C. 2012. Capítulo 7. Prebióticos. En *Ecosistema Intestinal*. InScience Communications, México DF, pag 105-114.
- Castañeda C. y Del Monte A. 2014. *Prebióticos: Obtención y su repercusión en la salud*. Ed. Mendieta, Quito.
- Chaikumpollert O, Methacanon P, Suichiva K. 2004. Structural elucidation of hemicelluloses from Vetiver grass. *Carbohydrate Polymers*. 57:191-96.
- Chirido FG, Menéndez AM, Pita ML, Sosa P, Toca M del C, Trifone L y Vecchiarelli C. 2011. Prebióticos en salud infantil. *Arch Argent. Pediatr*.109(1).
- Cummings JH, Macfarlane GT. 2002. Gastrointestinal effect of prebiotic. *British Journal of Nutrition*. 87 (Suppl 2): S145-51.
- Field, CJ, McBurney, MI, Massimo, S, Hayek, MG y Sunvold, GD.1999. The fermentable fiber content of the diet alters the function and composition of canine gut associated lymphoid tissue. *Vet. Immunol. Immunopathol*. 72: 325-341.
- Gibson GR y MB. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota –Introducing the concept prebiotics. *J Nutrition*.195:1401-12.
- Grieshop, CM, Flickinger, EA, Bruce, KJ, Patil, AR, Czarnecki-Maulden, GL y Fahey, GC. 2004. Gastrointestinal and immunological responses of senior dogs to chicory and mannan-oligosaccharides. *Arch. Anim. Nutr*. 58: 483-493.

- Hernández P. , Carranza y M. T. Jiménez. 2010. Propiedades funcionales y aplicaciones industriales de los fructo oligosacáridos. Consultado el 17 de mayo de 2018, Consultado en: [www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TsIA-4\(1\)-Hernandez-Carranza-et-al-2010.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TsIA-4(1)-Hernandez-Carranza-et-al-2010.pdf)
- Hosono, A, Ozawa, A, Kato, R. 2003. Dietary fructooligosaccharides induce immunoregulation of intestinal IgA secretion by murine Peyer`s patch cells. *Biosci.Biotechnol. Biochem.* 67: 758-764.
- Icaza-Chavez, ME. 2013. Microbiota intestinal en la salud y la enfermedad. *Rev Gastroenterol Mex*; 78:240-8 - Vol.78 Núm.4.
- Iser, M; Martinez, Y; Valdivié, M; Sanchez, D y Rosales, M. 2016. Comportamiento productivo y características de la canal de conejos alimentados con harina de Agave tequilana. *Revista electrónica de Veterinaria - ISSN 1695-7504.*
- Janardhana, V, Broadway, MM, Bruce, MP, Lowenthal, JW, Geier, MS, Hughes, RJ y Bean, AGD. 2009. Prebiotics modulate immune responses in the gut-associated lymphoid tissue of chickens. *J. Nutr.* 139: 1404-1409.
- Kelly-Quagliana, K Nelson, P y Buddington, R. 2003. Dietary oligofructose and inulin modulate immune functions in mice. *Nutr. Res.* 23: 257-267.
- Lomax, AR y Calder, PC. 2009. Prebiotics, immune function, infection and inflammation: a review of the evidence. *Br. J. Nutr.* 101: 633-658.
- Lina BAR, Jonker D, Kozianowsky G. Isomaltulose. 2002. A review of biological and toxicological studies. *Food and Chemical Toxicology.*;40:1375-81.
- Manhart, N, Spittler, A, Bargmeister, H, Mittlbock, M y Roth, E. 2003. Influence of fructooligosaccharides on Peyer`s patch lymphocyte numbers in healthy

and endotoxemic mice. *Nutr.* 19: 657-660.

Nakamura, Y, Nosaka, S, Suzuki, M. 2004. Dietary fructooligosaccharides up-regulate immunoglobulin A response and polymeric immunoglobulin receptor expression in intestines of infant mice. *Clin. Exp. Immunol.* 137: 52-58.

Ortiz LT, Rodríguez ML, Alzueta C, Rebolé A y Treviño J. 2009. Effect of inulin on growth performance, intestinal tract sizes, mineral retention and tibial bone mineralisation in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 50: 325- 332.

Ortiz, LT; Velasco, S; Rodríguez, ML; Rebolé, A y Alzueta C. 2011. Los prebióticos tipo inulina en alimentación aviar II: Efectos sistémicos. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* 2011 5(1):103119.

Rebolé, A, Ortiz, LT, Rodriguez, ML, Alzueta, C, Treviño, J, Velasco, S. 2010. Effects of inulin and enzyme complex, individually or in combination, on growth performance, intestinal microflora, cecal fermentation characteristics, and jejunal histomorphology in broiler chickens fed a wheat- and barley-based diet. *Poult. Sci.* 89: 276–286.

Rehman, H, Rosenkranz, C, Bölem, J y Zentek, J. 2007. Dietary inulin affects the morphology but not the sodium dependent glucose and glutamine transport in the jejunum of broilers. *Poult. Sci.* 86: 118-122.

Rehman, H, Hellweg, P, Taras, D y Zentek, J. 2008. Effects of dietary inulin on the intestinal short-chain fatty acids and microbial ecology in broiler chickens as revealed by denaturing gradient gel electrophoresis. *Poult. Sci.* 87: 783-789.

Roberfroid MB. 2007. Prebiotics. The concept revisited. *The Journal of*

Nutrition.137:830-7.

Román E. y Álvarez G. 2013. Empleo de probióticos y prebióticos en pediatría.

Nutr. Hosp.;28, supl.1 ene. versión impresa ISSN 0212-161.

RuiLin, H, ZheYuan, D, ChengBo, Y, YuLong, Y, MingYong, X, GuoYao, W,

TieYun, L, LiLi, L, ZhiRu, T, Ping, K, ZhengPing, H, Dun, D, Hua, X,

XiangFeng, K y Yuming, G. 2007. Dietary oligochitosan supplementation

enhances immune status of broilers. J. Sci. Food Agric. 87: 153-159.

Sánchez-Mata MC, Peñuela-Teruel MJ, Cámara Hurtado M, Diez-Marqués C,

Torija-Isasa ME. 1998. Determination of mono-, di- and oligosaccharides in

legumes by highperformance liquid chromatography using an aminobonded

silica column. J Agricultural and Food Chemistry.46:3648-52.

Sharma, JM. 2003. The avian immune system. En: Diseases of Poultry. Ames:

YM Saif, ed Iowa State University, pp. 5-16.

Silva, VK, Silva, JDT da, Torres, KAA, Faria Filho, DE, de Hada, FH y de

Moraes, VMB. 2009. Humoral immune response of broilers fed diets

containing yeast extract and prebiotics in the prestarter phase and raised at

different temperatures. J. Appl. Poult. Res. 18: 530-540.

Tomás de Paz, C. A. (2013). Aditivos en la alimentación de las aves.Consultado

12 de mayo del 2018, Disponible en:

<http://190.116.38.24:8090/xmlui/bitstream/handle/123456789/346/MONOG>

RAFIAAditivos%20en%20la%20alimentaci%C3%B3n%20de%20aves%20

OK.pdf?sequence=1

Topping DL y Clifton MP. 2001. Short chain fatty acids and human colonic

functions: Roles of resistant starch and non starch polysaccharides.

- Physiol. Rev. 2001;81:1031-64.
- Trushina, EN., Martynova, EA, Nikitiuk, DB, Mustafina, OK y Baigarin, EK. 2005. The influence of dietary inulin and oligofructose on the cell-mediated and humoral immunity in rats. *Vopr. Pitan.* 74: 22-27.
- Velasco, S., Ortiz, LT, Alzueta, C, Rebolé, A, Treviño, J y Rodriguez, ML. 2010. Effect of inulin supplementation and dietary fat source on performance, blood serum metabolites, liver lipids, abdominal fat deposition, and tissue fatty acid composition in broiler chickens. *Poult. Sci.* 89: 1651–1662.
- Waldroup, AL, Skinner, JT, Hierholzer, RE, Waldroup, PW. 1993. An evaluation of fructooligosaccharide in diets for broiler chickens and effects on salmonellae contamination of carcasses. *Poult. Sci.* 72: 643-650.
- Williams, J, Mallet, S, Lacontem, M, Lessire, M y Gabriel, J. 2008. The effects of fructooligosaccharides or whole wheat on the performance and digestive tract of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 49: 329-339.
- Xu, ZR, Hu, CH, Xia, MS, Zhan, XA, Wang, MQ. 2003. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poult. Sci.* 82: 1030-1036.
- Yegani, M y Korver, DR. 2008. Factors affecting intestinal health in poultry. *Poult. Sci.* 87:2052-2063.
- Yusrizal A. y Chen TC. 2003. Effect of adding chicory fructans in feed on broiler growth performance, serum cholesterol and intestinal length. *International Journal of Poultry Science.* 2:214-219.